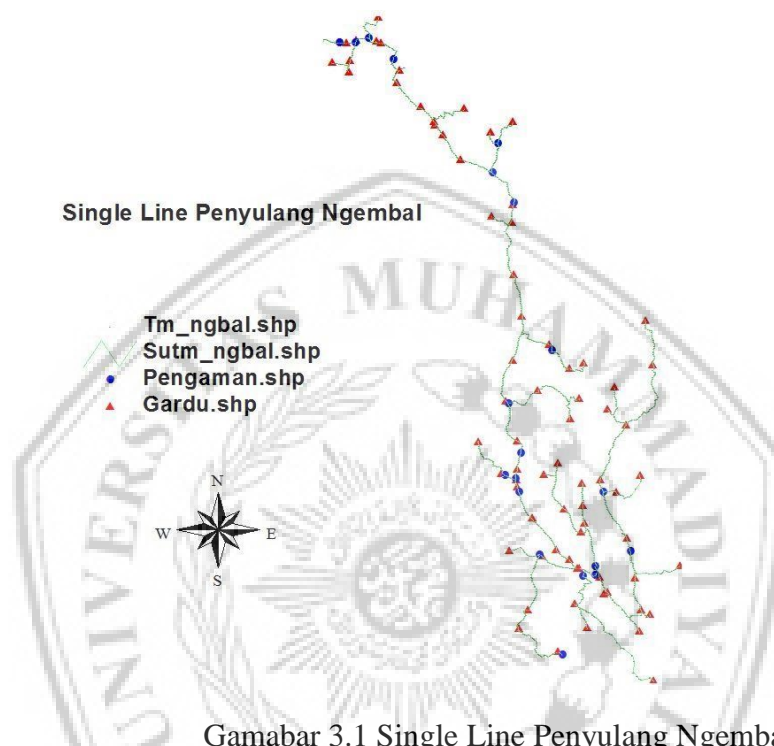


BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menjelaskan tentang stabilitas sistem tenaga pada penyulang Ngembal Kabupaten Pasuruan terhadap Interkoneksi dengan PLTS Kalipucang 15kW.



Gamabar 3.1 Single Line Penyulang Ngembal

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Dusun Mucangan, Desa Kalipucang, Kecamatan Tukur, Kabupaten Pasuruan. Penulis melakukan penelitian pada tanggal 9 September 2017. Dusun Mucangan sendiri terpisah sekitar 2 km dari Desa Kalipucang. Akses jalan menuju dusun Mucangan sendiri lumayan susah karena akses jalannya masih berupa tanah dan bebatuan. Pada akhir Juli 2017 Dusun Mucangan ini baru merasakan jaringan listrik dari PLN dan Dusun Mucangan ini masuk area PLN Pasuruan Rayon Sukorejo Kabupaten Pasuruan dan nama Penyulang untuk Dusun Mucangan adalah Penyulang Ngembal.

Pengambilan data dilakukan di Rayon Sukorejo kabupaten Pasuruan dengan alamat Jl. Raya Malang-Pasuruan No. 20, Sengonagung, Purwosari, kabupaten

Pasuruan, Jawa Timur. Perjalanan dari Malang menuju kantor rayon Sukorejo kurang lebih 1,5 jam.



Gambar 3.2 PLTS Kalipucang

3.2 Studi Literatur

Dalam studi literatur dilakukan pencarian informasi baik dari buku, jurnal, bahan dari internet maupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini, di antaranya adalah:

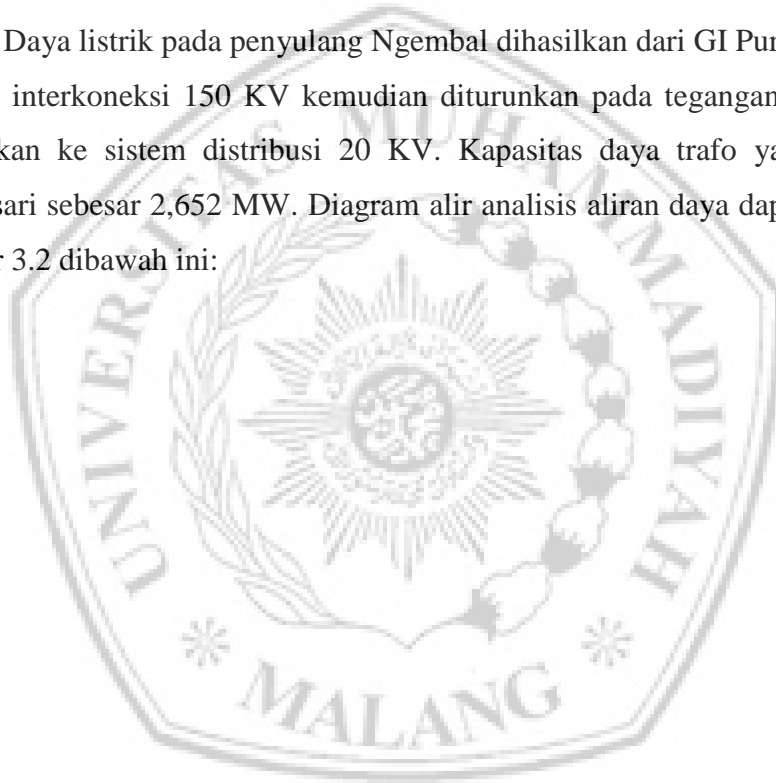
1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)
2. Jaringan PLN
3. Sistem jaringan pembangkit
4. Sistem energi terbarukan
5. Perancangan sistem pembangkit

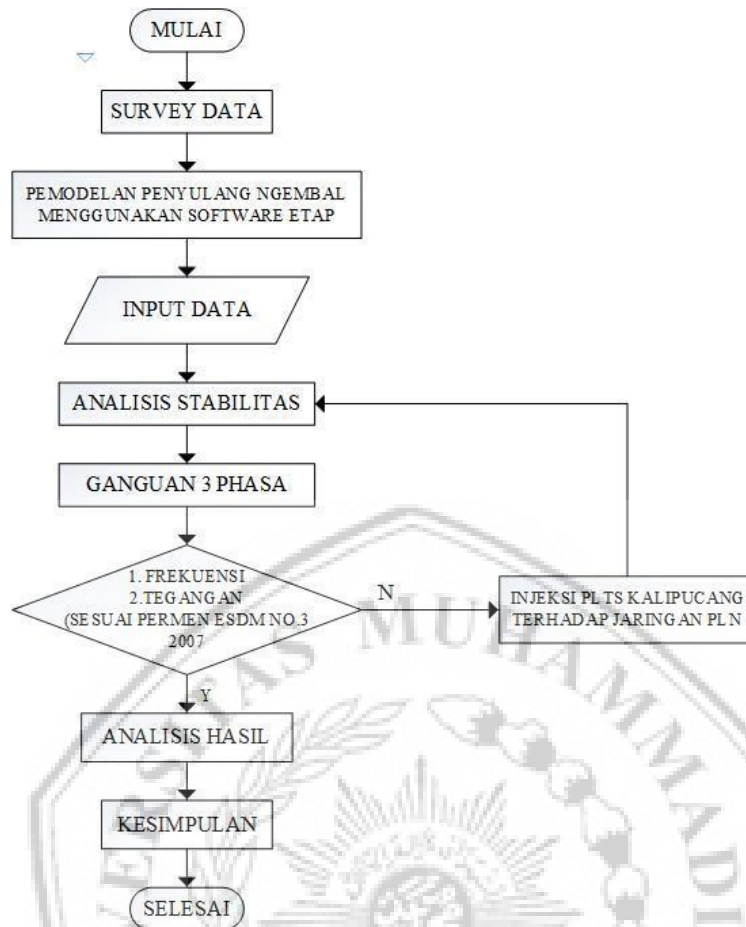
3.3 Diagram Alir Analisis Aliran Daya

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dari pengumpulan data lapangan berupa data diagram *single line* sistem kelistrikan penyulang Ngembal 20 KV; data *transformator* (kVA); kapasitas trafo (MVA), rasio tegangan trafo (kV) dan impedansi trafo; data penghantar (km): panjang penghantar (km) luas penampang (mm²), impedansi penghantar dan jenis penghantar; data pembebanan setiap trafo; daya aktif (MW), daya reaktif (MVAR), arus (ampere), tegangan (kV). Selanjutnya dilakukan input data pada kelistrikan penyulang ngembal yang sudah

dimodelkan menggunakan *software etap power station* versi 12.6.0. *setting* variasi tegangan pada sistem yang dimodelkan berdasarkan permen ESDM no. 3 tahun 2007 untuk sistem tegangan 20 KV +5%, -10%. Melakukan studi aliran daya dengan menggunakan metode *Newton Raphson* sebelum sistem terintegrasi untuk mengetahui karakteristik kelistrikan penyulang Ngembal meliputi nilai tegangan (KV) rugi rugi daya aktif (*Ploss*) dan rugi rugi daya reaktif (*Qloss*) maka dilakukan injeksi PLTS Kalipucang. Skenario yang dilakukan meliputi sistem sebelum interkoneksi dengan PLTS Kalipucang dan sistem setelah interkoneksi dengan PLTS Kalipucang.

Daya listrik pada penyulang Ngembal dihasilkan dari GI Purwosari melalui saluran interkoneksi 150 KV kemudian diturunkan pada tegangan 20 KV untuk disalurkan ke sistem distribusi 20 KV. Kapasitas daya trafo yang ada di GI Purwosari sebesar 2,652 MW. Diagram alir analisis aliran daya dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini:





Gambar 3.3 Flowchart Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu:

1. Tahap pertama; dimulai dengan pengumpulan data awal berupa data teknis penyulang Ngembal, beban penyulang dan data PLTS Kalipucang.
2. Tahap kedua; melakukan pemodelan sistem dan melakukan simulasi aliran daya kondisi awal.
3. Tahap ketiga; melakukan pemodelan sistem penyulang Ngembal dengan injeksi PLTS Kalipucang.
4. Tahap keempat; membandingkan Stabilitas sistem tenaga terhadap pengaruh masuknya PLTS Kalipucang.

3.4 Bahan dan Alat yang Digunakan

Bahan dan alat yang digunakan untuk menunjang penelitian ini adalah:

1. Laptop
2. *Software ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) Power Station*
3. Data sistem kelistrikan penyulang Ngembal 20 KV

3.5 Sistem PLTS Kalipucang kapasitas 15 kWp

Jenis panel surya yang berada di desa Kalipucang ini mempunyai daya sebesar 15 kWp dengan jenis Polycrystalline dengan merek elSOL dan tipe model eS50236/PCM. Pada PLTS kalipucang ini terdiri dari 5 banjar panel surya, yang setiap banjar berisi 60 panel surya dan total keseluruhannya 300 panel surya.

Berikut adalah tabel spesifikasi panel surya

Tabel 3.1 Spesifikasi Panel Surya

Model	eS50236/PCM
Maximum power	50Wp
Short circuit current	3,25 A
Maximum power current	2,91 A
Open circuit voltage	21,75 V
Nominal voltage	17,24 V
FF	0,710

Tabel 3.2 *Physical Spesification* PLTS

Length	670 mm
Width	620 mm
Weight	5,5 kg
Temperature	-40 ° C up to 50 ° C
Depth	40 mm

3.6 Baterai

Fungsi utama penggunaan baterai adalah sebagai penopang energi listrik bilamana pada saat waktu tertentu energi matahari tidak mampu menghasilkan energi yang cukup untuk menopang beban listrik agar listrik tidak mengalami pemadaman. Semakin besar kapasitas baterai akan berpengaruh pada lama waktu penopangan energi listrik bilamana sumber energi sama sekali tidak memadai. Pada PLTS Kalipucang ini terdapat 3 banjar baterai dengan total 375 baterai dengan kapasitas per baterai 2V 300 Ah.



Gambar 3.4 Baterai PLTS Kalipucang

3.7 Inverter

Inverter digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC menjadi sumber AC, dimana tegangan yang dihasilkan dapat merupakan nilai yang konstan atau variabel. Suatu *inverter* disebut inverter sumber tegangan (*voltage source inverter*) jika tegangan keluarannya konstan sedangkan *inverter* sumber arus (*current source inverter*) jika arus keluarannya konstan dan *inverter* hubungan DC yang variabel (*variable DC linked inverter*) jika tegangan keluarannya dapat dikontrol atau dikendalikan lebih besar maupun lebih kecil dari tegangan input.



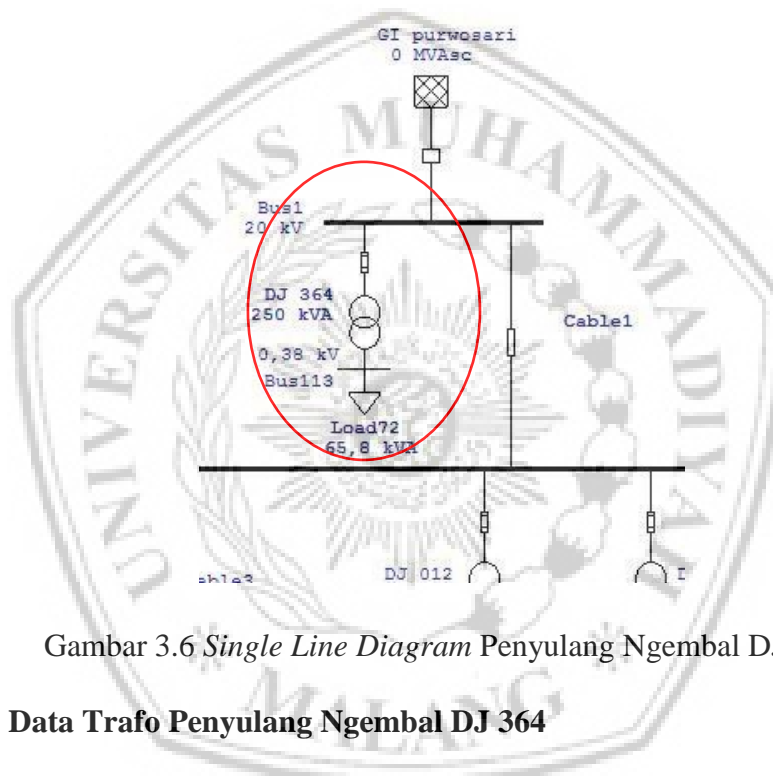
Gambar 3.5 Inverter PLTS Kalipucang

3.8 Langkah Pengerjaan

Pada sub bab ini terdapat beberapa langkah dalam proses pengerjaan simulasi. Pertama menyusun single line diagram sesuai dengan data yang diperoleh dari PLN. Kedua memasukan data-data yang diperoleh dari PLN berupa data beban, data trafo, dan data penghantar.

3.8.1 Single Line Diagram Penyulang Ngembal DJ 364

Penyulang Ngembal mendapat *income* dari GI Purwosari. Berikut adalah single line diagram dari salah satu keseluruhan.



Gambar 3.6 Single Line Diagram Penyulang Ngembal DJ 364

3.8.2 Data Trafo Penyulang Ngembal DJ 364

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat menaikkan dan menurunkan suatu tegangan. Pada kolom info ID berfungsi untuk memberi nama pada template trafo. Prim menjelaskan bahwa sisi dari trafo berasal dari bus 1 dengan tegangan 20 kV, sedangkan sec menjelaskan bahwa sisi trafo terhubung ke bus 113 dengan tegangan 0,38 kV. Pada kolom Standard ada terdapat 2 pilihan penggunaan ANSI dan IEC. Perbedaan *American National Standards Institute* (ANSI) dan *International Electrotechnical Commission* (IEC) terletak pada standart frekuensi yang digunakan yang mengakibatkan spesifikasi peralatan yang digunakan juga pada IEC nilai frekuensi yang digunakan adalah 50 Hz sedangkan

pada ANSI frekuensi yang digunakan adalah 60 Hz. Penjelasan diatas bisa dilihat dibawah ini..

2-Winding Transformer Editor - DJ 364

Info	Reliability	Remarks	Comment
Rating	Impedance	Tap	Grounding
250 kVA IEC Liquid-Fill Other 65 C			

20 0,38 kV

Info

ID DJ 364

Prim. Bus1 20 kV

Sec. Bus113 0,38 kV

Revision Data

Base

Standard

☐ ANSI

☒ IEC

Condition

☒ In

☐ Out

State As-built

Equipment

Tag #

Name

Description

Connection

☒ 3-Phase

☐ 1-Phase

Shell

Secondary Center Tap

OK Cancel

Gambar 3.7 Kotak Dialog *Info 2-Winding Transformer Editor-DJ 364*

Pada trafo DJ 364 adalah jenis transformator *step down*. Dari tegangan 20 kV diturunkan menjadi tegangan 380/220 V. Memasukan pada sisi primer menjadi 20 kV dan sisi sekunder menjadi 0,38 kV Pada kolom *power rated* memberi nilai 250 kVA menunjukan kapasitas dari trafo DJ 364. Penjelasan diatas bisa dilihat pada gambar dibawah ini.

2-Winding Transformer Editor - DJ 364

Reliability Remarks Comment

Info Rating Impedance Tap Grounding Sizing Protection Harmonic

250 kVA IEC Liquid-Fill Other 65 C 20 0.38 kV

Voltage Rating kV FLA Bus kVnom Z Base

Prim. 20 7.217 20 kVA

Sec. 0.38 379.8 0.38 250

Other 65

Power Rating kVA

Rated 250

Other 65

Derated 250

% Derating 0

Alert - Max kVA

250

☐ Derated kVA

☒ User-Defined

Installation

Altitude 1000 m

Ambient Temp. 30 °C

MFR

Type / Class

Type Sub Type Class Temp. Rise

Liquid-Fill Other Other 65

DJ 364 OK Cancel

Gambar 3.8 Kotak Dialog *Rating 2-Winding Transformer Editor-DJ 364*

3.8.3 Data Beban Penyulang Ngembal DJ364

Pada kolom info ID menjelaskan nama dari beban trafo DJ 364, beban pada DJ 364 adalah beban tanganan rendah (TR) 380/220 kV yang terhubung dengan sisi sekunder dari trafo DJ 364 dan bus 113. Penjelasan diatas bisa dilihat pada gambar dibawah ini.

Static Load Editor - Load72

Info Loading Cable/Vd Cable Amp Harmonic Reliability Remarks Comment

1 52,654 kW 39,491 kvar 0,38 kV Cable Info not available

Info

ID Load72

Bus Bus113 0,38 kV

Equipment

Tag #

Name

Description

Data Type Estimated

Priority Other

Load Type Other

Demand Factor

Continuous Intermittent Spare

100 50 0 %

Revision Data

Base

Condition

Service ☒ In ☐ Out

State As-built

Configuration

Normal

Status Continuous

Connection

☒ 3 Phase ☐ 1 Phase

Quantity 1

Reference kV

☒ Calculated ☐ User-Defined

kV 0

OK Cancel

Gambar 3.9 Kotak Dialog *Info Static Load Editor*- DJ 364

Pada kolom *loading* terdapat tegangan (kV), daya semu (kVA), daya aktif (kW), daya reaktif (Kvar), *power factor* (%), dan arus (amper). memasukan pada kolom amps yaitu dengan menjumlah rata-rata dari arus R S T beban yang ada pada trafo DJ 364. Pada kolom PF diberikan nominal 80% dikarenakan batas beban normal yang akan display idealnya ada pada angka 80%. ETAP akan secara otomatis menghitung Daya semu, daya aktif, dan daya reaktif tersebut. Penjelasan diatas bisa dilihat di gambar dibawah ini.

Static Load Editor - Load72

Info Loading Cable/Vld Cable Amp Harmonic Reliability Remarks Comment

1 52,654 kW 39,491 kvar 0,38 kV Cable Info not available

Ratings

kV kVA kW kvar % PF Amps Grounding

0,38 65,818 52,654 39,491 80 100

Calculator...

Loading

		Load		Feeder Loss		
	Loading Category	% Loading	kW	kvar	kW	kvar
1	Design	100	52,65	39,49	0	0
2	Normal	100	52,65	39,49	0	0
3	Brake	0	0	0	0	0
4	Winter Load	0	0	0	0	0
5	Summer Load	0	0	0	0	0
6	FL Reject	0	0	0	0	0
7	Emergency	0	0	0	0	0
8	Shutdown	0	0	0	0	0
9	Accident	0	0	0	0	0
10	Backup	0	0	0	0	0

Operating Load: 0 kW +j 0 kvar

Load72 OK Cancel

Gambar 3.10 Kotak *Loading* Dialog *Static Load editor*-DJ 364

3.8.4 Data Kabel Penyulang Ngembal DJ 364

Kabel 1 pada penyulang Ngembal DJ 364 menghantarkan dari bus 1 ke bus 2. Pada kolom *info length* untuk menentukan panjang hantaran dari kabel. Pada kolom *library* ini berfungsi untuk membuka data sheet kabel pada software ETAP. Penjelasan diatas bisa dilihat pada gambar dibawah ini:

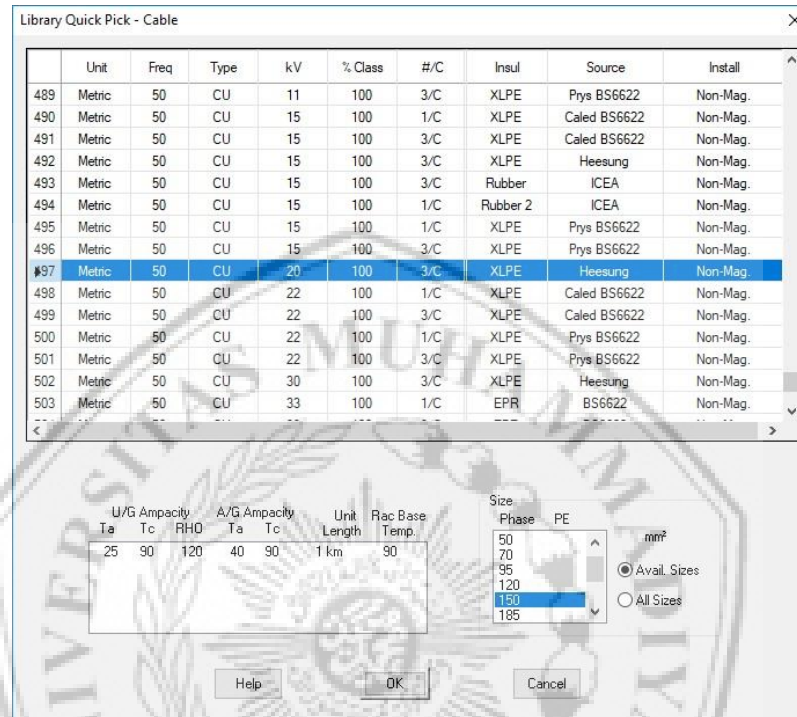
Gambar 3.11 Kotak Dialog *cable editor* Penyulang Ngembal DJ 364

Kabel pada DJ 364 mempunyai data sheet : ID, kode gardu induk, kode penyulang, nomer jaringan tegangan menengah(JTM), panjang hantaran ,kode hantaran, shape len, luas penampang, nama bahan, nomer tiang. Dibawah ini tabel data sheet penyulang Ngembal DJ 364.

Tabel 3.3 Data Sheet Kabel Penyulang Ngembal DJ 364

ID	3049
kode gardu induk	Purwosari
kode penyulang	Ngembal
nomer jaringan tegangan menengah(JTM)	PSARINGBALDJ3079
panjang hantaran (m)	53
kode hantaran	M107
shape len	45.78847
luas penampang (mm)	3x150
nama bahan	XLPE
nomer tiang	DJ 3079

Pada tabel 3.3 dikonversikan pada software ETAP, bisa dilihat pada gambar 3.9 dibawah ini. Kolom *Phase PE* menunjukan bahwa luas pemampang pada kabel DJ 364 adalah 150 mm². Unit digunakan untuk menjelaskan semua dimensi pada kabel. freq menjelaskan frekuensi pada kabel dalam satuan Hz. Type menjelaskan jenis bahan yang digunakan pada kabel.

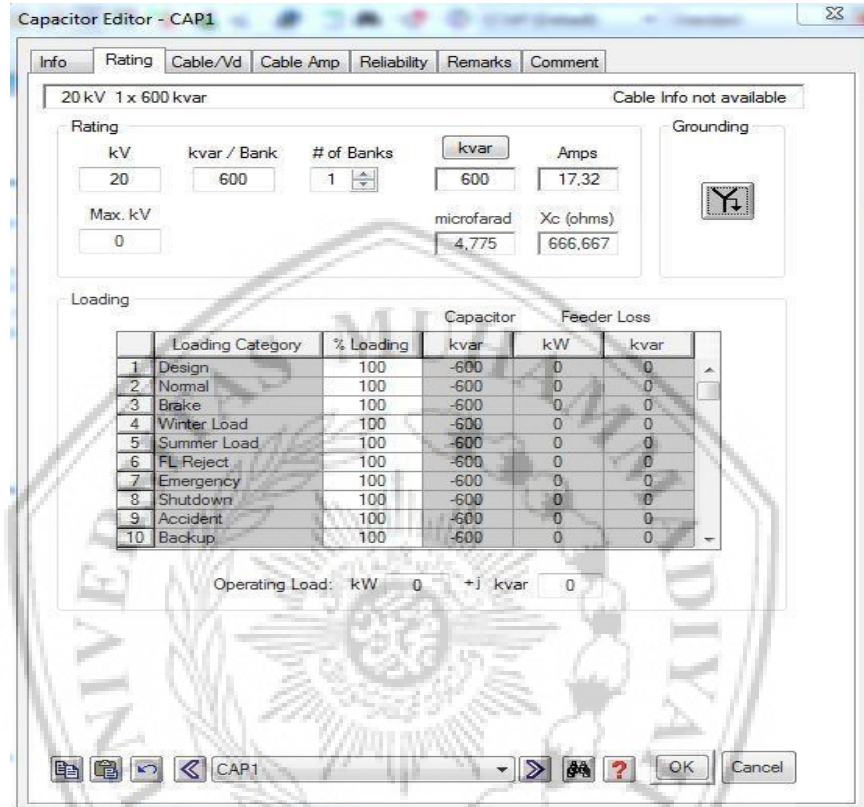


Gambar 3.12 Kotak Dialog *library Quick Pick -Cable* Penyulang Ngembal DJ 364

3.8.5 Data Kapasitor Bank

Pemasangan kapasitor bank dilakukan pada sistem 20 kV untuk menaikkan tegangan yang turun dan kembali standar nilai tegangan operasi jaringan. Kapasitor bank dipasang pada bus yang mengalami penurunan tegangan cukup kritis.

Dibawah ini adalah kotak dialog kapasitor bank



Gambar 3.13 Kotak Dialog Kapasitor Bank

Untuk penentuan pemilihan kapasitor bank dapat dilakukan melalui perhitungan untuk mencari kapasitas yang akan di pasang pada sistem jaringan. Di bawah ini cara menentukan kebutuhan kapasitas kapasitor bank

$$PF = \frac{P_1}{S_1} \dots\dots\dots(3-1)$$

$$P_1 = S \cdot PF$$

$$= 936 \cdot 0,78$$

$$= 730,08 \text{ kW}$$

$$P_2 = S \cdot PF$$

$$= 936 \cdot 0,99$$

$$= 926,64 \text{ kW}$$

Daya reaktif kapasitor

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \dots\dots\dots(3-2)$$

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} \dots\dots\dots(3-3)$$

$$= \sqrt{(936)^2 - (730)^2}$$

$$= 585,729 \text{ KVAr}$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P_2^2} \dots\dots\dots(3-4)$$

$$= \sqrt{(936)^2 - (926,64)^2}$$

$$= 132,039 \text{ KVAr}$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \dots\dots\dots(3-5)$$

$$= 585,729 - 132,039$$

$$= 453,69 \text{ KVAr}$$

Jika kapasitor yang tersedia di pasaran memiliki nilai 50 KVAr, maka kita dapat menggunakan kapasitor bank ukuran 50 KVAr sebanyak 12 buah (12 step). Untuk pemasangan pada penyulang Ngembal menggunakan kapasitas 1800 KVAr, karena untuk memperbaiki bus yang *losses* nya tinggi.

